

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2001013306
PUBLICATION DATE : 19-01-01

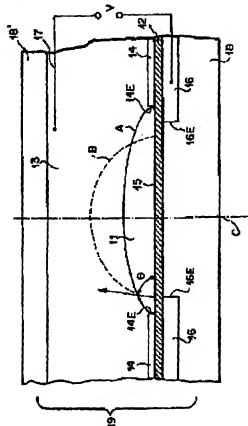
APPLICATION DATE : 28-06-99
APPLICATION NUMBER : 11181747

APPLICANT : CANON INC;

INVENTOR : HORIKIRI TOMONARI;

INT.CL. : G02B 3/14 G02B 26/08

TITLE : VARIABLE FOCUS LENS DEVICE



ABSTRACT : **PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a variable focus lens device in which the surface form of the lens can be stably maintained by suppressing the changes in the lens surface form against the changes in the external force having an effect on the liquid lens.

SOLUTION: A conductive liquid 13 containing a gelling agent and an insulating liquid drop 11 are housed in a cell 19, and a circular drop contact region 15 in contact with the drop 11 is formed on the inner surface of the cell. A surface layer 14 having lower affinity to the drop 11 than that of the insulating layer 12 is formed on the insulating layer 12, and an opening 14E is formed in a part of the layer 14 to expose a part of the insulating layer 12. The drop contact region 15 consists of the exposed part of the insulating layer. The interfacial form between the conductive liquid 13 and the drop 11 is changed by changing the voltage applied by a voltage applying means V between an electrode 16 on the opposite face of the insulating layer 12 to the conductive liquid 13 and the drop 11, and an electrode 17 in contact with the conductive liquid 13. The cell 19 has a light-transmitting property in the portion corresponding to the path of the incident and outgoing light on the interface.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-13306
(P2001-13306A)

(43) 公開日 平成13年1月19日 (2001.1.19)

(51) Int.Cl.⁷G 0 2 B 3/14
26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 3/14
26/08

テロート (参考)

2 H 0 4 1
H

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-181747

(22) 出願日 平成11年6月28日 (1999.6.28)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 北山 宏之

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 横切 智成

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

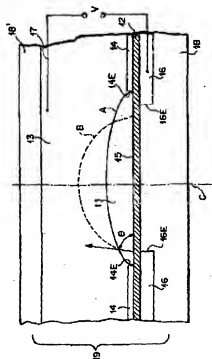
(74) 代理人 100065385

弁理士 山下 稔平

Fターム(参考) 2B041 AB24 AB32 AB38 AC06

(54) 【発明の名称】 可変焦点レンズ装置

(57) 【要約】

【課題】 液体レンズに作用する外力の変化に対するレン
ズ表面形状の変化を抑制してレンズ表面形状を安定に
維持できる可変焦点レンズ装置の提供。【解決手段】 ゲル化剤を含む導電性液体13と絶縁性
液体小滴11とがセル19内に収容され、セルの内面には
小滴11と接触する円形状の小滴接触領域15が形成
される。小滴接触領域15は、絶縁層12上に小滴11
に対する親和力が絶縁層より低い表面層14を形成し、
その一部に形成した開口14Eを介して絶縁層14の一
部を露出させて得られる露出絶縁層部分から形成されて
いる。絶縁層12の導電性液体13及び小滴11とは反
対の側に配置された電極16と導電性液体13とに接触す
る電極17との間の電圧印加手段Vによる印加電圧を変
化させることで、導電性液体13と小滴11との界面の
形状を変化させる。この界面に対する入射光の通過経
路の部分ではセル19は透光性を有する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに混合することなく且つ互いに屈折率の異なる第1の液体と第2の液体とにより形成される界面の形状を変化させることで焦点位置を変化させる可変焦点レンズ装置であって、

前記第1の液体及び前記第2の液体はセル内に収容されており、前記第2の液体は小滴を形成しており、前記第1の液体はゲル化剤を含む導電性液体であり、前記第2の液体は絶縁性液体であり、

前記セルの内面には前記小滴と接触する小滴接触領域が形成されており、

前記第1の液体及び前記第2の液体とは少なくとも絶縁層を介して反対側に配置された電極と前記第1の液体との間に電圧を印加する電圧印加手段を有しており、該電圧印加手段による印加電圧を変化させることで前記界面の形状を変化させるようにされており、

前記セルの少なくとも前記界面に対する入射光の通過経路の部分は透光性を有していることを特徴とする可変焦点レンズ装置。

【請求項2】 前記小滴接触領域は前記第2の液体に対する親和力が周囲より高い表面領域であることを特徴とする、請求項1に記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項3】 前記小滴接触領域は円形状をなすことを特徴とする、請求項2に記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項4】 前記小滴接触領域は、前記絶縁層上に前記第2の液体に対する親和力が前記絶縁層より低い表面層を形成し、該表面層の一部に表面層開口を形成して、該表面層開口を介して前記絶縁層の一部を露出させることで得られる露出絶縁層部分から形成されていることを特徴とする、請求項2～3のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項5】 前記小滴接触領域は、前記絶縁層上に表面層を形成し、該表面層の一部領域を他部領域より前記第2の液体に対する親和力が低くなるようにすることで得られる前記一部領域から形成されていることを特徴とする、請求項2～3のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項6】 前記ゲル化剤が高分子物質からなるものであることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項7】 前記ゲル化剤が超構造物質からなるものであることを特徴とする、請求項1～5のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項8】 前記第1の液体は親水性液体であり、前記第2の液体は疎水性液体であることを特徴とする、請求項1～7のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項9】 前記絶縁層の厚さは1 μm 以下であることを特徴とする、請求項1～8のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項10】 前記セルは互いに平行に配置された下

側部材と上側部材とを有しており、前記絶縁層は前記下側部材の上面上に形成されていることを特徴とする、請求項1～9のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項11】 前記電極は前記小滴接触領域に対応する位置に電極開口を有することを特徴とする、請求項1～10のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項12】 前記電極開口は前記小滴接触領域より小さいことを特徴とする、請求項11に記載の可変焦点レンズ装置。

【請求項13】 前記セルは円筒状側面部材と底面部材とを有しており、前記絶縁層は前記側面部材の内面上に形成されており、前記表面層は前記側面部材の下側部分において前記絶縁層を露出させるように前記側面部材の上側部分に形成されていることを特徴とする、請求項4～9のいずれかに記載の可変焦点レンズ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学素子の技術分野に属するものであり、特に電圧印加により液体レンズの表面形状を変化させて焦点位置を変化させる可変焦点レンズ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】B. Bergeらの文献“Electrocapillarity and wetting of insulator films by water, C. R. Acad. Sci. Paris, t. 137 p. 157 (1993)”には、平板電極の上に配置された誘電体フィルム上に置かれた導電性液体小滴を含むデバイスが示されている。この文献によれば、導電性液体小滴と電極との間に電圧を印加すると、誘電体フィルム上での導電性液体小滴の接触角が変化することが記述されており、この現象はelectrowettingと呼ばれる。しかし、光学素子として有用な十分な接触角変化量を実現するためには、600V程度の高電圧印加が必要であることが示されている。

【0003】Vallet, Berge, Vovelleらの文献“Electrowetting of water and aqueous solution on poly(ethylene terephthalate), Polymer, Vol. 37, No 12 p. 2465 (1996)”には、導電性液体小滴に印加する電圧が高すぎると、該小滴の表面が不安定になり、小滴が一つの形状を保てなくなってしまうことが示されている。

【0004】このように、これらの技術では可変焦点レンズの十分に安定的な形成を行うことができず、さらに、これら従来技術を用いたシステムでは透明電極と導電性液体小滴との接合電極が必要であるため、製造技術上の困難があり、製造効率が低い。

【0005】一方、フランス国出願されたNo. 97 12781, INPI Grenoble, Oct. 8, 1997は、electrowetting現象を用いて、電界制御（電圧制御）によって焦点を連続的に変化させることのできる可変焦点レンズ装置に関する技術に関するものである。

【0006】しかしながら、以上の従来技術によっては、レンズ液滴に対し作用する外力が変化するとレンズ液滴の表面の形状が容易に変化し、レンズ液滴の表面形状を安定に維持することが困難である。たとえば、従来技術の可変焦点レンズ装置を水平（レンズ光軸は垂直）の姿勢から少し傾けると、レンズ液滴を構成する液体は容易に斜め下側に移動するのでレンズ液滴の表面形状が変化する。また、従来技術の可変焦点レンズ装置に急激な反復振動を加えたり、レンズ装置全体を光軸のまわりで急激に回転させたりすると、レンズ液滴を構成する液体の一部が不可逆的に分離して、元のレンズ形状を保てなくなることもある。従って、所要の光学特性を安定に実現することができない。

【0007】そこで、本発明の目的は、液体レンズを用いた可変焦点レンズ装置において液体レンズに作用する外力の変化に対するレンズ表面形状の変化を抑制して該レンズ表面形状を安定に維持することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、上記目的を達成するものとして、互いに混合することなく且つ互いに屈折率の異なる第1の液体と第2の液体とにより形成される界面の形状を変化させることで焦点位置を変化させる可変焦点レンズ装置であって、前記第1の液体及び前記第2の液体はセル内に収容されており、前記第2の液体は小滴を形成しており、前記第1の液体はゲル化剤を含む導電性液体であり、前記第2の液体は絶縁性液体であり、前記セルの内面には前記小滴と接触する小滴接触領域が形成されており、前記第1の液体及び前記第2の液体とは少なくとも絶縁層を介して反対側に配置された電極と前記第1の液体との間に電圧を印加する電圧印加手段を有しており、該電圧印加手段による印加電圧を変化させることで前記界面の形状を変化させるようにされており、前記セルの少なくとも前記界面に対する入射光の通過経路の部分は透光性を有していることを特徴とする可変焦点レンズ装置、が提供される。

【0009】本発明の一態様においては、前記小滴接触領域は前記第2の液体に対する親和力が周囲より高い表面領域である。本発明の一態様においては、前記小滴接触領域は円形をなす。

【0010】本発明の一態様においては、前記小滴接触領域は、前記絶縁層上に前記第2の液体に対する親和力が前記絶縁層より低い表面層を形成し、該表面層の一部に表面層開口を形成して、該表面層開口を介して前記絶縁層の一部を露出させることで得られる露出絶縁層部分

から形成されている。

【0011】本発明の一態様においては、前記小滴接触領域は、前記絶縁層上に表面層を形成し、該表面層の一部領域を他部領域より前記第2の液体に対する親和力が低くなるようにすることで得られる前記一部領域から形成されている。

【0012】本発明の一態様においては、前記ゲル化剤が高分子物質または超構造物質からなる。本発明の一態様においては、前記第1の液体は親水性液体であり、前記第2の液体は疎水性液体である。本発明の一態様においては、前記絶縁層の厚さは1 μm 以下である。

【0013】本発明の一態様においては、前記セルは互いに平行に配置された下側部材と上側部材とを有しており、前記絶縁層は前記下側部材の上面上に形成されており、本発明の一態様においては、前記電極は前記小滴接触領域に対応する位置に電極開口を有する。本発明の一態様においては、前記電極開口は前記小滴接触領域より小さい。

【0014】本発明の一態様においては、前記セルは円筒状側面部材と底面部材とを有しており、前記絶縁層は前記側面部材の内面内に形成されており、前記表面層は前記側面部材の下側部分において前記絶縁層を露出させるように前記側面部材の上側部分に形成されている。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の可変焦点レンズ装置の具体的な実施の形態を説明する。

【0016】図1は、本発明による可変焦点レンズ装置の第1の実施形態の構成を示す模式的断面図である。

【0017】図1において、セル部材としての透光性平板状下側部材18と透光性平板状上側部材18'とが互いに平行になるように配置されて、セル19が構成されている。セル19内には、第1の液体としての導電性液体13と第2の液体としての絶縁性液体からなる小滴11とが収容されている。下側部材18の上面（セル内側の面）上には絶縁層12が形成されており、小滴11は絶縁層12と接している。絶縁層12上には導電性液体13に対する親和性（親和力）が絶縁性液体に対する親和性より大なる表面層14が形成されている。該表面層14は、絶縁性液体に対する親和力が絶縁層12より低い。表面層14には円形の表面層開口14Eが形成されており、該表面層開口14E内に小滴11が位置している。この表面層開口14Eを介して露出する絶縁層12の一部が小滴接触領域15を構成している。

【0018】下側部材18の上面には、絶縁層15の下側に位置する電極16が形成されている。該電極16には円形の電極開口16Eが形成されている。該電極開口16Eは、表面層開口14Eに対応する位置に同心状に配置されており、表面層開口14Eより小さい直径を有する。この電極16と、導電性液体13と接触するよう

に配置された電極17との間に、電圧を印加する電圧印加手段Vが配置されている。電極17としては、上層部材18'の内壁面上に形成した導電性膜を用いることができる。尚、電圧印加手段Vにより印加される電圧は直流電圧でもよいが、絶縁層12aの電荷注入を抑制するために数10Hz～数10KHzの交流電圧を用いるのが好ましい。

【0019】導電性液体13と絶縁性液体の小滴11とは、互いに混合することなく且つ互いに屈折率が異なり、電圧印加手段Vの印加電圧を変化させることで、導電性液体13と絶縁性液体小滴11とにより形成される界面(レンズ面)の形状を変化させることができる。導電性液体13として親水性液体を用い、小滴11を構成する絶縁性液体としては疎水性液体を用いることができる。

【0020】導電性液体13は、導電性成分とゲル化剤とを含む。導電性液体13の導電性成分としては、無機塩の水溶液や、有機液体など、それ自身が導電性を有するもの、あるいはイオン性成分を付加することによって導電性とされた液体を用いることができる。

【0021】導電性液体13に含まれるゲル化剤としては、まず、高分子物質からなるものをあげることができる。本発明で用いる高分子材料は、その化学構造において側鎖や主鎖に水酸基、カルボキシル基、スルホキシル基、エーテル基、アミド基などの基をもつことが好ましい。

【0022】このような高分子材料として、合成高分子材料としては、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ポリヒドロキシエチルメタクリレート、ポリアクリル酸、ポリスチレンスルホン酸、ポリメチルビニルエーテル、ポリアクリルアミドやその低級アルキル置換ポリマーなどが例示される。

【0023】また、天然高分子材料としては、デンプン、アルギン酸、寒天などの多糖類、天然ガム材料、ゼラチン、ポリペプチド、コラーゲン、カゼインなどのタンパク質などが例示される。

【0024】これらの高分子系ゲル化剤は、導電性成分と組み合わせることによってポリマーマトリックス中に液体電解質を包含するようになるゲル電解質である。ゲル電解質において、ポリマーマトリックスは基本的には液体電解質を包含する機能を有するだけでイオン伝導には寄与しない。ポリマーマトリックス中では、イオンは比較的自由に移動できるため、ゲル電解質のイオン伝導率は液体電解質に準じる高い値を示す。

【0025】導電性液体13に含まれるゲル化剤としては、次に、超構造物質からなるものをあげることができる。超構造物質とは、超分子構造を取るタイプの化合物、すなわち、分子間に働く弱い相互相互作用により幾何学的な秩序を有する構造を持った集合体を形成(自己組織化、自己集積化)する物質である。分子間に働く弱

い力の相互作用とは、電子を共有することにより互いに堅く結びつく共有結合と異なり、非共有結合と呼ばれている水素結合、イオン結合、疎水結合、静電力、van der Waals力、電荷移動相互作用などがあげられる。これらの結合力は、共有結合の結合力に比べ数十分の一であるが、多数の結合点が存在するとかなり強い集合体形成される。

【0026】超分子に関して更に述べれば、生物分野では、超分子が生物の構造形成(細胞形成など)をはじめ、さまざまな代謝過程(酵素反応など)や情報伝達(DNAの会合)などで、選択的に会合して非常に精密に組織化された分子複合体や膜を形成することが知られており、その結果、構成要素単独の場合には見られないような機能や、高度に位置選択的で立体選択的な反応が実現されている。また、必要に応じて構造を変化させて、自己修復・化学反応等を極めて効率的に行なうことができる。このように、超構造をとることにより、共有結合からなる従来の高分子物質では得られない厳密な秩序構造や新しい機能が得られる。

【0027】本発明で用いる超構造物質としては、ステロイド構造をもつものが好ましく、その一例としてデオキシコル酸ナトリウムが挙げられる。超構造物質には必要に応じて、pH調整剤を添加してもよい。上記の材料は水溶液中で適当なpHの時に螺旋状の繊維を形成し、螺旋繊維の構築によってゲルを形成することが知られている(蛋白質 核酸 酵素 Vol. 38, No. 4, p. 731, 1993)。

【0028】以上のようなゲル化剤を導電性液体13中に含ませることによって、導電性を殆ど変化させずに、液体13をゲル化させることができる。ここで重要なことは、小滴11の電圧による形状変化に 대응して、ゲル化された導電性液体13が小滴11との界面の形状を変化させるという、ゲルの刺激応答性を利用するという点である。そのためには、導電性液体13中のゲル化剤の含有量、例えば0.1～50重量%とすることが好ましく、このような範囲内であればゲルの刺激応答性を発揮することができる。

【0029】導電性液体13中のゲル化剤の含有量が少なすぎると、十分な機械的強度の向上(外力の変化に対するレンズ面形状変化の抑制機能の向上)が得られなくなる。また、ゲル化剤の含有量が多すぎると、導電性液体13の導電性や光学的透明性が低下したり、駆動電圧を印加した際に絶縁性液体小滴11と導電性液体13との界面の形状変化の応答時間が極端に長くなったり接触角の増大が困難になったりする。

【0030】小滴11を構成する絶縁性液体としては、たとえば、シリコンオイル、パラフィンオイルなどのような、導電性液体13と混合しない、絶縁性の液体を用いることができる。好ましくは、小滴11は導電性液体13よりも屈折率が大い。

【0031】絶縁層12としては、欠陥の極めて少ない均一な膜を形成できる材料を用いることができる。必要に応じて、絶縁層12の表面を疎水性にするための処理を施してもよい。絶縁層12の厚さは、電圧印加手段Vの駆動電圧の低減のためには1 μ m以下であることが好ましい。

【0032】このような絶縁層12の例としては、Langmuir-Blodgett (LB) 法で形成される膜 (LB膜) があげられる。LB法によれば、常温、常圧で、均一な無欠陥の薄膜を得ることができる。

【0033】次に、絶縁層12の他の例としては、キャストコート膜があげられる。この膜は、有機や無機の化合物 (好ましくはフッ素系やシリコン系の樹脂) を溶媒とともにディッピングやスピンコートなどの手法を用いて基板上に塗布することにより形成することができる。さらに、金属酸化物やシリコンなどのスパッタリングにより作製した膜を用いることができる。

【0034】表面層14は親水性材料からなり、この親水性材料としては一般に公知の親水性材料を用いることができる。

【0035】かくして、小滴11は表面層14に対するよりも絶縁層12に対する親和性が大きく、導電性液体13は絶縁層12に対するよりも表面層14に対する親和力が大きいため、小滴11は下面部が表面層開口14E内に露出せる絶縁層12の表面領域15と接触し且つ上面部が導電性液体13と接触してレンズ面を形成するようにして位置し、更に導電性液体13は表面層14に接して位置する。更に、表面層14は、小滴11の水平方向の移動を制限して該小滴を所定位置に保持する機能を有する。

【0036】電圧印加手段Vによる印加電圧が零の場合には、小滴11は“A”で示される状態にある。“C”

$$\cos \theta (v) - \cos \theta (0) = e_0 \cdot e \cdot v^2 / (2d \cdot r) \quad \dots \dots (1)$$

で与えられることが、上述のVallet, Berge, Vovelleらの文献に示されている。式(1)から、電圧印加により、 θ が変化し、小滴11の形状を制御できることがわかる。

【0041】尚、印加電圧vが変化しても、電界の対称性に基づき、小滴11のレンズ面の光軸Cはほぼ当初の位置に維持される。

【0042】本実施形態では、セル19の下側部材18及び上側部材18'をいずれも透光性とし、光軸Cに沿って光を上向きまたは下向きに入射させることができる。但し、下側部材18及び上側部材18'のうちの一方に光反射層を付与することで、光を上(下)向きに入射させ且つ下(上)向きに入射させるようにしてもよい。何れの場合にも、セル19の入射光の通過経路の部分は透光性を有する。

【0043】図2は、本発明による可変焦点レンズ装置

で示されている軸は、小滴接触領域15に垂直であり、この領域の中心を通っている。小滴11は軸Cを中心として位置しており、この軸Cはレンズ面の光軸となる。光軸Cに隣接する装置の各部分 (例えば電極開口16Eに対応する部分) は透明である。

【0037】電極16は、その開口16Eに隣接する部分が表面層開口14Eの内側 (即ち光軸Cに近い側) に位置するので、光軸Cの方向に見て小滴11の外周部は電極16の内側と重なるように位置している。

【0038】電圧印加手段Vにより電極16と17の間に電圧が印加されると、上述したelectrowettingの原理に従って、導電性液体13と絶縁層12との接触が開始される。この接触は、電界の集中する電極開口端近傍の部分 (即ち小滴11の周囲の部分) から始まり、これにより絶縁性液体小滴11と導電性液体13との界面が動かされ、小滴11は“B”の破線で示される状態へと変形する。この変形の程度は電圧印加手段Vによる印加電圧の大きさにより制御することができる。

【0039】このようにして小滴11のレンズの焦点を変化させることができる。本実施形態においては、絶縁層12の厚さを1 μ m以下とすることによって、電圧印加手段Vの駆動電圧10V以下でも光学素子として十分なレンズ界面の変形 (即ち焦点位置の変化) を実現することができる。

【0040】図1において、電極16、17間に電圧vを印加したときの接触角が θ で示されており、 θ を電圧vの関数として表現した $\theta(v)$ は、絶縁層12の膜厚をd、絶縁層12の比誘電率を ϵ 、小滴11の界面張力 γ 、真空の誘電率を ϵ_0 とすると、以下の式(1)

の第2の実施形態の構成を示す模式的断面図である。本図において、上記図1におけると同様の機能を有する部材には同一の符号が付けられている。

【0044】本実施形態では、図1の実施形態の電極16の代わりに、光軸Cの周りに同軸状に配置された3つのリング状電極35、36、37が用いられている。そして、これに対応して、図1の実施形態の電圧印加手段Vの代わりに、リング状電極35、36、37と電極17との間にそれぞれ電圧を印加するための電圧印加手段V1、V2、V3が用いられている。

【0045】本実施形態では、リング状電極35、36、37により、V1電圧<V2電圧<V3電圧という条件で電圧を印加し、各電圧印加手段の印加電圧値を連続的に変化させることにより、小滴11をAの状態からBの状態へと連続的に変形させることができる。

【0046】図3は、本発明による可変焦点レンズ装置

の第3の実施形態の構成を示す模式的断面図である。本図において、上記図1～2における同様の機能を有する部材には同一の符号が付されている。

【0047】本実施形態では、図1の実施形態での表面層開口4Eを形成する代わりに、表面層14の内側に光軸Cの周りに同軸状に配置された3つの表面層領域65、66、67を用いている。これらの表面層14及び表面層領域65、66、67は、この順で導電性液体13に対する親和性の程度が徐々に弱くなっている（小滴11に対する親和性の程度が徐々に強くなっている）。小滴接触領域15は、表面層領域65、66、67から形成されている。

【0048】本実施形態では、表面層領域65、66、67を形成することで、小滴11がAの状態とBの状態との間で変形する際の光軸Cの維持を良好に行うことができる。

【0049】図4は、本発明による可変焦点レンズ装置の第4の実施形態の構成を示す模式的断面図である。本図において、上記図1～3における同様の機能を有する部材には同一の符号が付されている。

【0050】本実施形態では、セル部材として、円筒状側面部材18aと透光性底面部材18bと透光性頂面部材18cとを用いている。絶縁層12は側面部材18aの内面上に形成されており、表面層14は側面部材18aの上端において絶縁層12上に形成されている。小滴11は、側面部材18aの下側において絶縁層12と接して位置している。

【0051】本実施形態では、絶縁層12の外側において異なる高さ位置に、光軸Cを中心とする軸対称のリング状電極75、76、77、78、79が配置されている。図4では電圧印加手段Vが電極75にのみ接続されているが、他の電極76、77、78、79にも適宜接続され、所望のリング状電極に電圧を印加することができる。印加電圧値は、リング状電極75、76、77、78、79の順に小さくなるようにし、各リング状電極の印加電圧値を連続的に変化させることにより、小滴11をAの状態からBの状態へと連続的に変形させることができる。

【0052】

【実施例】以下、実施例をあげて本発明の可変焦点レンズ装置について説明するが、本発明は以下の例にのみ限定されるものではない。尚、以下の実施例では、図1の実施形態の可変焦点レンズ装置を作製した。

【0053】【実施例1】真空蒸着によって金電極16を形成したガラス基板（下部部材）18を用いて、LB膜からなる絶縁層12の形成を行った。即ち、フッ素系材料であるFC722（3M社製）を同じくフッ素系溶剤FC77（3M社製）にて20倍に希釈し、LB膜成膜用の希釈溶液を得た。次に、該希釈溶液を水温20℃の純水から成るLB膜作製装置の水面上に展開し、表面

圧を10mN/mまで高めた。前記金電極付きガラス基板18はここで既にLB膜作製装置の基板上で順次機械へ装着されており、該基板を水面に対して垂直に下降させ、該基板先端が水面下1インチに位置したところで停止させた。引き続き、該基板を上昇させ該基板先端が水面とはほぼ同位置に位置したところで停止させた。この往復操作を繰り返して、乾草率0.95にて前記基板上にFC722の薄膜を形成した。この時の基板上昇下降速度は10mm/分であった。これにより、膜厚28nmのLB膜からなる絶縁層12を形成した。

【0054】続いて、絶縁層12の小滴接触領域15の部分をマスキングして、親水性材料である酸化γ-イソエタノール中に分散した溶液を浸漬後布し、乾燥することによって、表面層14の形成を行った。

【0055】小滴11を構成する絶縁性液体として、屈折率1.51で密度1.1のシリコンオイル（信越化学社製：KF54）を用いた。

【0056】導電性液体13として、次のようにして調整したものを用いた。即ち、水中に、ゲル化剤としてのデオキシコロール酸ナトリウム（0.01mol/l）、導電性成分としての窒素溶解性塩である1-エチル-3-メチル-イミダゾリウムテトラフルオロボレート（0.01mol/l）、pH調整剤としてのテトラフルオロリットラム（0.01mol/l）を含むゲル化透明溶液を調整した。

【0057】以上のような小滴11及び導電性液体13を下側部材18及び上側部材18'を含むセル19に収め、図1に示されるような可変焦点レンズ装置を得た。

【0058】また、比較のために、導電性液体13としてゲル化剤とpH調整剤とを加えないものを用いたこと以外は、実施例と同様にして可変焦点レンズ装置（比較例）を得た。

【0059】以上のようにして得られた可変焦点レンズ装置に駆動電圧を印加して、レンズの焦点距離が可逆的に変化するかどうかを確認したところ、実施例、比較例ともに、10V前後の電界のON、OFFで可逆的な焦点の変化を示した。次に、これらの装置を水平状態から約30°、60°、90°傾けた時のレンズ形状を観察した。その結果、実施例ではレンズ小滴11はどの角度に傾けても移動することなかったが、比較例では、傾き角が30°あたりからレンズ小滴11が動き始め、60°では完全に低い側へ移動してしまい、その後装置を水平に戻しても小滴11は元の位置には戻らなかったり、戻っても2個や3個の部分に分裂してしまい、もとの1個の液滴になることはなかった。

【0060】以上の結果より、導電性液体13としてゲル化剤を含むものを用いることによって、機械的強度向上の実現が可能であることがわかった。また、絶縁層12として厚さ1μm以下の薄膜を用いることによって、低駆動電圧化も実現できるとがわかった。

【0061】[実施例2]導電性液体13として、水中に、ゲル化剤としてのデオキシコール酸ナトリウム

(0.01mol/l)、導電性成分としての塩化ナトリウム(0.04mol/l)、pH調整剤としてのグリニルグリシン(0.01mol/l)を含むゲル化透明溶液を用いること以外は、実施例1と同様にして可変焦点レンズ装置を得た。

【0062】また、比較のために、導電性液体13としてゲル化剤とpH調整剤を加えないものを用いたこと以外は、実施例と同様にして可変焦点レンズ装置(比較例)を得た。

【0063】以上のようにして得られた可変焦点レンズ装置に駆動電圧を印加して、レンズの焦点距離が可逆的に変化するかどうかを確認したところ、実施例、比較例ともに、10V前後の電界のON、OFFで可逆的な焦点の変化を示した。次に、これらの装置を水平状態から約30°、60°、90°傾けた時のレンズ形状を観察した。その結果、実施例ではレンズ小滴11はどの角度に傾けても移動することにはなかったが、比較例では、傾き角が20°あたりからレンズ小滴11が動き始め、40°では完全に低い側へ移動してしまい、その後装置を水平に戻しても小滴11は元の位置には戻らなかった。戻っても2個や3個の部分に分裂してしまい、もとの1個の液滴になることはなかった。

【0064】以上の結果より、導電性液体13としてゲル化剤を含むものを用いることによって、機械的強度向上の実現が可能であることがわかった。また、絶縁層12として厚さ1μm以下の薄膜を用いることによって、低駆動電圧化も実現できることがわかった。

【0065】[実施例3]導電性液体13として、水中に、ゲル化剤としてのポリビニルアルコール(部分ケン化型PVA-217;ケン化度88%;クラレ社製)(4wt%)、導電性成分としての塩化ナトリウム(10wt%)を含むゲル化透明溶液を用いること以外は、実施例1と同様にして可変焦点レンズ装置を得た。

【0066】また、比較のために、導電性液体13としてゲル化剤を加えないものを用いたこと以外は、実施例と同様にして可変焦点レンズ装置(比較例)を得た。

【0067】以上のようにして得られた可変焦点レンズ装置に駆動電圧を印加して、レンズの焦点距離が可逆的に変化するかどうかを確認したところ、実施例、比較例ともに、10V前後の電界のON、OFFで可逆的な焦点の変化を示した。次に、これらの装置を水平状態から約30°、60°、90°傾けた時のレンズ形状を観察した。その結果、実施例ではレンズ小滴11はどの角度に傾けても移動することにはなかったが、比較例では、傾き角が15°あたりからレンズ小滴11が動き始め、25°では完全に低い側へ移動してしまい、その後装置を水平に戻しても小滴11は元の位置には戻らなかった。

り、戻っても2個や3個の部分に分裂してしまい、もとの1個の液滴になることはなかった。

【0068】以上の結果より、導電性液体13としてゲル化剤を含むものを用いることによって、機械的強度向上の実現が可能であることがわかった。また、絶縁層12として厚さ1μm以下の薄膜を用いることによって、低駆動電圧化も実現できることがわかった。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の可変焦点レンズ装置によれば、ゲル化剤を含む導電性液体を用いることで、機械的強度が向上し、液体レンズに作用する外力の変化に対するレンズ表面形状の変化を抑制して該レンズ表面形状を安定に維持することができる。

【0070】また、絶縁層として厚さ1μm以下のものを用いることで、非常に低い駆動電圧で容易に焦点位置の変化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による可変焦点レンズ装置の第1の実施形態の構成を示す模式的断面図である。

【図2】本発明による可変焦点レンズ装置の第2の実施形態の構成を示す模式的断面図である。

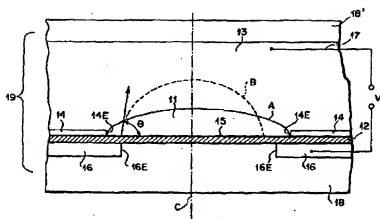
【図3】本発明による可変焦点レンズ装置の第3の実施形態の構成を示す模式的断面図である。

【図4】本発明による可変焦点レンズ装置の第4の実施形態の構成を示す模式的断面図である。

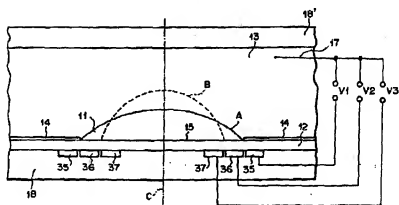
【符号の説明】

- 11 絶縁性液体の小滴
- 12 絶縁層
- 13 ゲル化剤を含む導電性液体
- 14 表面層
- 14E 表面層開口
- 15 小滴接触領域
- 16 電極
- 16E 電極開口
- 17 電極
- 18 下部部材
- 18' 上側部材
- 18a 円筒状側面部材
- 18b 底面部材
- 18c 頂面部材
- 19 セル
- 35, 36, 37 リング状電極
- 65, 66, 67 表面層領域
- 75, 76, 77, 78, 79 リング状電極
- V, V1, V2, V3 電圧印加手段
- A 電圧印加時の小滴の形状
- B 電界印加時の小滴の形状
- C 光軸
- θ 接触角

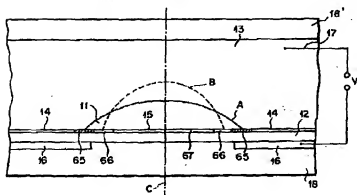
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

